

# **Uso de fronteras de eficiencia econométricas con fines de benchmarking**

**Gustavo Ferro<sup>1</sup>**

**Texto de Discusión N° 60**

**ISBN : 978-987-519-132-7**

**Mayo 2007**

CEER

Centro de Estudios Económicos de la Regulación

Universidad Argentina de la Empresa

Lima 717

C1073AAO Buenos Aires, Argentina

Tel. Fax: 5411-4379-7693

E-mail: [ceer@uade.edu.ar](mailto:ceer@uade.edu.ar)

[www.uade.edu.ar](http://www.uade.edu.ar)

---

<sup>1</sup> CEER e Instituto de Economía UADE y CONICET. E-mail: [gferro@uade.edu.ar](mailto:gferro@uade.edu.ar)

# **Uso de fronteras de eficiencia econométricas con fines de benchmarking**

**Gustavo Ferro**

Queda hecho el depósito legal que marca la ley 11.723

ISBN 978-987-519-132-7

Catalogación en fuente:

Ferro, Gustavo

Uso de fronteras de eficiencia econométricas con fines de benchmarking. - 1a ed. -

Buenos Aires : Universidad Argentina de la Empresa - UADE, 2007.

31 p. ; 29x21 cm. - (Textos de discusión; 60)

ISBN 978-987-519-132-7

1. Economía. 2. Servicios Públicos. I. Título  
CDD 354

Fecha de catalogación: 27/06/2007

## **Uso de fronteras de eficiencia econométricas con fines de benchmarking**

### **Resumen**

El presente documento fue elaborado con fines eminentemente pedagógicos para su utilización en cursos de regulación (modalidad teleformación y presenciales) del CEER/UADE. Procuran aunar una reseña exhaustiva de la temática, con sencillez en la explicación. La primera sección se refiere a regulación y medición de la eficiencia, la segunda, la segunda se ocupa de situar en contexto a las fronteras de eficiencia. La tercera sección se ocupa de la estimación de fronteras econométricas, dividiéndose en subsecciones dedicadas a un contexto de datos de corte transversal, datos de panel y consistencia.

## **Introducción**

El presente documento fue elaborado con fines eminentemente pedagógicos para su utilización en cursos de regulación (modalidad teleformación y presenciales) del CEER/UADE. Procuran aunar una reseña exhaustiva de la temática, con sencillez en la explicación. El trabajo compila aportes de diferentes autores, siendo tributario de Canay (2003), Canay et al (2004), Rossi y Ruzzier (2000). Romero (2005), Romero y Ferro (2006) además del excelente texto introductorio de Coello, Estache, Perelman y Trujillo (2003). En el CEER se efectuaron numerosos estudios empíricos sobre sectores regulados de infraestructura en los últimos años, siendo los más recientes el de Romero y Ferro (2006) sobre el sector de agua y saneamiento, sobre una base de datos latinoamericana de más de cien empresas. Allí no solamente se aplicaron métodos econométricos, sino que también se hizo DEA y consistencia, pero el alcance de este trabajo se ciñe a los primeros.

La primera sección se refiere a regulación y medición de la eficiencia, la segunda, la segunda se ocupa de situar en contexto a las fronteras de eficiencia. La tercera sección se ocupa de la estimación de fronteras econométricas, dividiéndose en subsecciones dedicadas a un contexto de datos de corte transversal, datos de panel y consistencia.

## **I Regulación y medición de la eficiencia**

La regulación se efectúa sobre sectores que son monopolios naturales, donde hay asimetrías informativas fuertes y donde se pueden generar externalidades poderosas (como las sanitarias en el sector de agua y saneamiento). Se da en un contexto donde el mercado falla (por ausencia de competencia, por asimetrías informativas o por efectos externos). Caso contrario, en ausencia de fallos, los mercados competitivos producirían resultados eficientes. Como la competencia no existe normalmente en estos sectores, los reguladores cumplen un rol de competidor virtual, siendo su cometido el de promover la eficiencia como lo haría la competencia.

El tema de la equidad está relacionado directamente. El regulador es un árbitro entre los intereses de las empresas prestadoras y los consumidores. ¿Qué significa tener en cuenta los intereses de estos últimos en este contexto? Minimizar los costos sujeto a proveer el servicio, cumplir las obligaciones contractuales, asegurando condiciones de calidad y cobertura satisfactorias.

La eficiencia asignativa se asegura haciendo que los precios de segmentos no competitivos tiendan a igualar los costos. Para mantener el servicio en el tiempo, deben efectuarse inversiones. Asegurarlas hace a la eficiencia dinámica.

Los antiguos esquemas de regulación por costo de servicio (“cost plus” o regulación por tasa de retorno) fueron siendo reemplazados a partir de las privatizaciones inglesas de los 1980s por la regulación por incentivos, dado que los viejos esquemas no promueven bajas de costos. Se introdujeron los “price caps”, con fórmulas automáticas de indexación de tarifas (CPI-X), donde los factores X de ganancias de eficiencia pedidas a las empresas deben reflejar en qué medida el sector es capaz de superar la evolución de la “Productividad Total de los Factores” (PTF) a nivel de toda la economía. Si el sector es dinámico (por ejemplo, telecomunicaciones), X tenderá a ser alto, motivo por el cual gran parte de las ganancias diferenciales de productividad se trasladarán en el tiempo a los consumidores. Si el sector es tecnológicamente más estático (por ejemplo, agua y saneamiento), puede esperarse que el X sea bajo.

Un tema en sí mismo es la determinación del factor X. Este no debería basarse solo en el pasado de la propia empresa: eso anula los incentivos. El regulador debe incorporar información externa, como otras empresas de la industria, o comparaciones internacionales. Entonces, la tarea de benchmarking cobra una importancia capital. El benchmark<sup>2</sup> es la medida de referencia, el “metro patrón”.

**La humanidad busca un “benchmark”:**

El metro es la unidad de longitud del Sistema Internacional de Unidades.

Inicialmente fue definida como la diezmillonésima parte de la distancia que separa el Polo del ecuador terrestre.

Si este valor se expresara de manera análoga a como se define la milla náutica, se correspondería con la longitud de meridiano terrestre que forma un arco de 1/10 de segundo de grado centesimal.

Se realizaron mediciones cuidadosas al respecto que en 1889 se corporizaron en un metro patrón de platino e iridio depositado en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (París, ver foto).

Fuente: Wikipedia



El factor X se basa en dos conjuntos de información

1. *La tasa de crecimiento de la productividad de esta industria en el tiempo.*
2. *En qué medida la empresa opera por debajo de la mejor práctica en la industria.*

Por otra parte, en la determinación del X hay que conservar un delicado equilibrio: un X muy alto hará perder dinero a la empresa; en tanto un X muy bajo podría implicar beneficios excesivos.

Para efectuar comparaciones podrían usarse medidas simples, como ratios de productividad física (producto dividido insumos), o de costos medios (costo dividido productos), sin embargo, la práctica internacional ha ido reemplazando ese análisis, que es simple de realizar y comprender, por métodos matemáticos y estadísticos más avanzados.

¿Por qué usar métodos sofisticados? Un simple ratio es engañoso, por ejemplo, ¿Las empresas difieren entre sí por tamaño medio de clientes y/o densidad? ¿Son algunas empresas más grandes que otras? ¿Hay economías de escala? ¿Difieren los precios de los insumos año a año o empresa a empresa? ¿Los últimos años han sido típicos? ¿Pueden las empresas alcanzar a las mejores? ¿Con el ratio A la empresa es eficiente, pero con el B no? Los métodos más sofisticados permiten evitar estos problemas de ambigüedades y las medidas incompletas. El paso de los ratios e indicadores simples a medidas más complicadas requiere explicitar cómo se transita a ellos.

La Productividad Total de los Factores se define como el cociente entre los productos y los insumos. Con sólo un producto y un insumo, no hay ambigüedades en los rankings de productividad. Pero con más de un producto y más de un insumo, se requieren ponderadores para construir un índice de insumos y un índice de productos, de manera de obtener un índice de PTF,

---

<sup>2</sup> El término benchmark literalmente se refiere a la marca realizada en el banco de trabajo. Un ingeniero en obras, careciendo de cinta métrica, improvisará una marcando en un banco. Luego con una cuerda, puede tomar la medida y usarla como referencia.

igual al cociente de los índices. La determinación de los ponderadores adecuados es otra tarea a realizar. Para armar los ponderadores de índices de insumos o productos, se necesita información de precios. Con múltiples productos e insumos, la PTF puede diferir entre empresas por:

1. *Eficiencia técnica (capacidad de una empresa de conseguir la máxima producción a partir de su conjunto de insumos. Oscila entre 0 y 1)*
2. *Eficiencia de escala (medida del grado en que una empresa está optimizando la escala de sus operaciones)*
3. *Eficiencia asignativa en la combinación de insumos (combinación de insumos de mínimo costo, dado el precio de los insumos)*
4. *Eficiencia asignativa en la combinación de productos (combinación óptima de productos dados los precios que enfrenta).*

Los números índices no sirven para descomponer la PTF en sus componentes, dado que los ponderadores usados son los precios: se requieren estimaciones de la tecnología.

Las fronteras de producción y costos, por su parte se estiman a partir de información muestral sobre los insumos y productos, en el primer caso, y los costos, productos y precios usados por un número de empresas, en el segundo. La distancia entre la frontera y la observación determina la eficiencia técnica de la empresa.

## **II Fronteras de eficiencia**

Una empresa Z ubicada en la frontera de producción, es eficiente si tiene incorporadas las mejores prácticas detectadas en la muestra, en tanto, una empresa W que estuviera 50% abajo en producción, usando los mismos insumos que la empresa anterior tiene la mitad de la eficiencia que Z.

Si la frontera es de costos, y la empresa V está en la frontera, para un nivel dado de producto, en tanto la empresa K tiene un 50% más de costos para el mismo producto, entonces K es 50% menos eficiente que V.

En los ejemplos, W podría usar los mismos insumos y duplicar la producción (pues Z lo hace), y K producir lo mismo con la mitad de lo que gasta (V lo está haciendo). Las mejores prácticas detectadas en la frontera son empíricas: hay empresas logrando esos resultados, no resultan estos de una construcción teórica.

Generalmente los reguladores que recurren a estas metodologías exigen a las empresas en la frontera que evolucionen acorde al nivel histórico de cambio tecnológico (desplazamiento de la frontera) y a las empresas ineficientes que se acerquen a la frontera (mejora en la eficiencia técnica).

Los métodos preferidos para construir fronteras son DEA (análisis de la envolvente de datos) y métodos econométricos (destacan SFA, análisis de frontera estocástica y las fronteras econométricas determinísticas). Sus principales diferencias son:

1. Algunos econométricos como SFA, tienen como ventaja que intenta tener en cuenta los efectos del ruido en los datos (errores, variables omitidas, etcétera), mientras que DEA y los métodos determinísticos suponen que los datos están libres de ruido.
2. Los métodos econométricos permiten usar tests estadísticos estándar, como el  $t$ , para evaluar la significatividad de las variables incluidas en el modelo, DEA no lo permite.
3. DEA no requiere especificar una forma funcional para la frontera; con métodos econométricos debe elegirse una forma, como la translogarítmica.
4. DEA suele ser más fácil de calcular con el software disponible. Los métodos econométricos anteriormente no permitían acomodar de manera sencilla múltiples productos con múltiples insumos, pero ahora lo pueden hacer usando una función de producción de múltiples productos, llamada función de distancia.

Una forma simple de evaluar la eficiencia relativa entre operadores es comparando algún indicador de costos medios entre ellos, por ejemplo los costos operativos por metro cúbico de agua colocada en la red. Supóngase que se quiere determinar si los costos operacionales de la empresa  $i$ -ésima son o no eficientes.

Se podría comparar el costo operativo del metro cúbico de esta empresa, con el promedio de dicho costo tomado de un grupo de  $N - 1$  empresas del mismo sector, operando en distintas zonas geográficas, donde  $N$  es el número total de empresas de esta industria.

Si los costos de la empresa  $i$ ,  $c_i$ , son mayores que este promedio, la empresa es *relativamente* ineficiente. Caso contrario, la empresa  $i$  es *relativamente* eficiente. El procedimiento anterior no permite determinar los costos eficientes *absolutos*, es un reflejo de las mejores prácticas empíricas<sup>3</sup>.

En el ejemplo anterior, si la tarifa se fija a partir del promedio de los costos, entre dos revisiones tarifarias todas las firmas tienen el incentivo de reducir sus costos por debajo del promedio de la industria. Cada empresa está ‘compitiendo’ virtualmente con el costo promedio de la industria. Con ello se logra que la búsqueda de mayores beneficios por parte de las empresas haga que el promedio de los costos en términos absolutos descienda con el paso del tiempo. Es una forma de hacer mejorar las prácticas en términos absolutos.

Las funciones de producción y costos, son formulaciones matemáticas donde cada una establece una relación con las variables que la influyen, los insumos en el caso de la producción, y el producto y los precios de los insumos en el caso de los costos.

La Función de Producción, relaciona la producción física obtenida con los factores de la producción (insumos, recursos) utilizados. A partir de la función de producción se pueden definir los conceptos de producto total, medio y marginal.

Producto total:  $Y = Y(K, L)$ ,

---

<sup>3</sup> Un sistema como el usado en Chile, de empresa modelo, procura establecer los mínimos costos *absolutos*, a partir de construir una empresa virtual capaz de superar las mejores prácticas. La competencia por comparación, como se aplica en Inglaterra, por ejemplo, recurre a las mejores prácticas existentes.

donde Y podrían ser m3 de agua producidos, K el capital utilizado (medido por ejemplo en kilómetros de red) y L el esfuerzo laboral aplicado a producir Y (medido en número de personas u horas trabajadas, por ejemplo)

El Producto (o Productividad) media indica la producción promedio generada por cada unidad de factor.

$PM_eL = Y/L$ , siguiendo el ejemplo, los m3 de agua producida divididos por empleado o por hora trabajada

$PM_eK = Y/K$ , por ejemplo, los m3 de agua producida divididos por los kilómetros de red en uso.

El Producto (o Productividad) marginal indica el aumento en el producto total que resulta de un  $PM_gL = \partial Y / \partial L$  y  $PM_gK = \partial Y / \partial K$ . Son derivadas parciales, aumento del producto ante el incremento infinitesimal en un factor (sin cambio en los restantes)<sup>4</sup>.

En la producción se usan factores fijos y variables. Se llama factor fijo a aquel independiente del nivel de producción. Sólo en el “corto plazo” existen dichos factores. Normalmente la red se considera que es más bien un factor fijo, y que el personal es más bien un factor variable, pero ello no es taxativo. Uno podría tener en un país leyes laborales que dificultan mucho el despido y la contratación, y eso torna cuasi fijo al trabajo.

El factor variable es dependiente del nivel de producción. Algunos insumos son variables en el “corto plazo”, todos son variables en el “largo plazo”.

Por último, se denominan rendimientos decrecientes del factor variable a situaciones en que aumentos en la utilización del factor considerado, con factor fijo constante, elevan el producto menos que proporcionalmente (fenómeno de corto plazo). Si se tiene un factor fijo (por ejemplo una red), la adición sucesiva de factor variable al proceso productivo es posible que aumente el producto hasta cierto punto, y que los aumentos sean cada vez menores por saturación del factor fijo.

La función de costos relaciona los costos con los productos y los precios de los insumos. La formulación más simple, sería sólo contra el producto.

$$C = C(Y)$$

A la vez, dado que entre los costos hay pagos a factores fijos y a factores variables, podría descomponerse la función anterior entre costos fijos totales (CFT) y costos variables totales (CVT).

$$C = CFT + CVT(Y)$$

Allí CFT es una constante (una suma de dinero que por definición no varía, dado que se gasta produciendo 0, 1000 o 1000000 de unidades), y CVT es una función de Y (si crecen los m3 de agua potabilizados, aumentan los gastos en personal, electricidad, químicos, etcétera).

---

<sup>4</sup> Para quienes no han tenido un curso de análisis matemático,  $Y/L$  se lee como la derivada de Y respecto de L y se interpreta como el cambio que se opera en Y ante la adición de una unidad muy pequeña de L y  $Y/K$  es lo mismo pero referido al K. En la derivación parcial se supone que los otros elementos que inciden en Y están congelados.



Se pueden definir nociones de costos medios y marginales. Los CMe pueden ser totales, fijos y variables:

$CMeT = C/Y$ , prorratea todos los costos entre las unidades producidas,

$CFMe = CFT/Y$ , prorratea los costos fijos entre las unidades producidas,

$CVMe = CVT/Y$ , prorratea los costos variables entre las unidades producidas.

Por último, el costo marginal indica cómo crece el costo total (o el costo variable en realidad) ante aumentos en la producción en una unidad:

$$CMg = \partial CT / \partial Y$$

Para entrar en tema con las estimaciones empíricas, la formulación de una función de producción muy simple sería:

$$1) Y = F(K, L)$$

Donde Y es el producto, que a fines empíricos, puede ser m<sup>3</sup> de agua producida, o porcentaje de población cubierta, o clientes atendidos, K es el capital, que puede aproximarse por los kilómetros de red, y L es el trabajo, que puede estimarse a partir del personal.

Una función de costos muy simple sería:

$$2) C = C(Y, PK, W)$$

Donde C son los costos, Y el producto, PK el precio del capital y W los salarios.

En ambas fórmulas, la variable ubicada a la izquierda del signo igual es la *endógena o explicada*, y aquellas situadas a la izquierda son las *exógenas o explicativas*.

Las formulaciones 1) y 2) son un buen inicio, pero en la práctica, los costos y las condiciones de producción de las empresas difieren entre sí por muchas razones: topografía, calidad de la fuente, clima, escala, densidad de la demanda en el territorio, estado de una red heredada, proporción de clientes residenciales a no residenciales y muchas otros factores que determinan mayor uso de insumos y su correlato mayores erogaciones de dinero, pero que no tienen que ver con la eficiencia operativa de la empresa.

Una empresa eficiente, lucirá ineficiente en cualquier comparación que no incorpore las condiciones del entorno. Una empresa ineficiente, puede parecer lo contrario en un ambiente favorable.

Para poder comparar empresas, es necesario tener en cuenta factores que diferencian a los operadores. Una forma de hacerlo, es estimar una regresión para explicar la producción o los costos en función de variables explicativas que inciden sobre ellos. Los residuos del modelo no explicados por esas variables exógenas se utilizan normalmente para evaluar la eficiencia relativa entre empresas. La clave es qué se incluye entre dichas variables.

Si algunas empresas se sienten perjudicadas por la omisión de una variable particular en las estimaciones, insistirán en que ésta sea medida e incluida.

Constituyen requisitos esenciales para el buen funcionamiento de la competencia por comparación que se disponga de:

1. Un buen número de empresas (suficientes observaciones muestrales);

2. *Firmas comparables (es decir que se contemplen las diferencias de entorno);*
3. *Que compartan un regulador común (o las diferencias regulatorias estén contempladas);*
4. *Información suficiente y veraz de las empresas;*

Si el número de empresas en la comparación es pequeño, hay dos riesgos, uno referido a las propiedades estadísticas de los estimadores, el otro es de orden práctico: existe el peligro de colusión o acuerdo para mantener sus costos en niveles innecesariamente altos, logrando de ese modo acceder a una tarifa mayor. Se espera que el riesgo de colusión sea menor cuanto mayor sea el número de empresas. Demasiado pocas empresas pueden impedir un análisis estadístico razonable, impidiendo utilizar técnicas avanzadas de análisis. La escasez de empresas en una muestra de corte transversal (contemporánea) puede mitigarse si se cuenta con series temporales, de modo de constituir un panel (varios cortes transversales de distintos períodos).

Respecto de la comparabilidad, las empresas suelen diferir en tamaño y características. Existen factores externos sobre los cuales las empresas no tienen control directo, que reciben el nombre de variables ambientales. Deben tenerse en cuenta, pero el exceso puede ser tan negativo como la omisión. Las empresas tratarán de justificar ineficiencias específicas como ajenas a su control. Tienen un incentivo a destacar sus diferencias y a justificar sus mayores costos. Tanto las técnicas econométricas de mínimos cuadrados ordinarios (las más simples, que obtienen una función promedio) como las fronteras de eficiencia permiten corregir los resultados por las diferencias ambientales, incluyendo variables que recojan el efecto del entorno sobre la producción y los costos.

El punto sobre regulador común o estímulos regulatorios comunes, se refiere a condicionantes que en algunos casos están presentes con mayor y en otros con menor intensidad, afectando condiciones de producción y costos. Los requerimientos de calidad (diferentes en distintos entornos regulatorios) son un ejemplo. Prestadores bajo diferentes jurisdicciones podrían estar sometidos a estímulos diferentes, y eso le quita comparabilidad a los resultados.

Por último, una condición necesaria para que la implementación del benchmarking o la competencia por comparación aporte resultados confiables es la existencia de información detallada y abundante.

Especificación de funciones de producción: Cobb-Douglas y Translogarítmica

Habitualmente se usa como punto de partida una formulación del tipo Cobb-Douglas. Este tipo de funciones asumen la forma:

$$Y = A K^{b_1} L^{b_2}$$

Allí A es una constante, K y L son los factores de la producción capital y trabajo respectivamente. Esa fórmula se puede simplificar a partir de tomar logaritmos naturales en ambos miembros:

$$\ln Y = \ln A + b_1 \ln K + b_2 \ln L$$

Se han aplicado propiedades de los logaritmos que dicen básicamente que el logaritmo de un producto es la suma de los términos incluidos en el producto, y que el logaritmo de una potencia es igual al exponente multiplicado por la base.

Llamando con letras minúsculas a los logaritmos de las variables denotadas hasta ahora con mayúsculas, queda:

$$y = a + b_1 k + b_2 l$$

Los coeficientes estimados  $b_i$  tienen la ventaja en estos casos de indicar elasticidades, dado que  $b_1 = dy/dk = d\ln Y/d\ln K$  y  $b_2 = dy/dl = d\ln Y/d\ln L$

Teniendo en cuenta las limitaciones que esta forma funcional particular impone, es preferible utilizar formas funcionales flexibles, como la Translogarítmica, la cual de hecho es una aproximación lineal de segundo orden a cualquier forma funcional arbitraria. En este caso, la desventaja de la formulación es que consume muchos grados de libertad en la estimación. En castellano, se requieren muchas observaciones para que la estimación sea confiable.

Véase Coelli et al (2003) para la fórmula de una translogarítmica.

Cuando se han incluido las variables ambientales, las formulaciones anteriores lucen como:

$$1') Y = F(K, L, Ay)$$

$$2') C = C(Y, PK, W, Ac)$$

Donde Y, K, L, C, PK y W conservan el significado antes atribuido y A es un vector de variables ambientales que inciden en la producción (Ay) y en los costos (Ac) respectivamente.

Supóngase que se desea estimar:

$$1'') Y = F(K, L, A1)$$

Donde Y, K, L tienen el significado habitual y A1 es una variable ambiental apropiada.

Si se estima una función lineal, por la técnica más simple de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) se espera una relación que explique:

$$3) Y = b_0 + b_1 K + b_2 L + b_3 A1 + \varepsilon$$

Donde los  $b_i$  son los parámetros a estimar y  $\varepsilon$  es el componente de variación de Y no explicado por el modelo.

OLS estima una relación que pasa por el valor medio de todos los parámetros en cuestión (o sea por la media de la constante, de Y, K, L y A1 en este caso particular. Como las observaciones a partir de las cuales se estimó la relación no están necesariamente ubicadas arriba de la línea estimada, sino que pueden estar por encima o por debajo, aparece el  $\varepsilon$  como la diferencia en más

o en menos respecto de la línea ajustada por las medias. El método se llama así, porque los estimadores son obtenidos a partir de la minimización del cuadrado de los residuos.

Una vez producida la estimación, se tendrán los siguientes resultados:

$$4) Y = \beta_0 + \beta_1 K + \beta_2 L + \beta_3 A1 + u$$

Donde los  $\beta_i$  son los estimadores de los  $b_i$  (o sea sus valores numéricos a partir de la muestra de valores que se usaron para calcular la regresión) y  $u$  son los residuos de la regresión mínimo cuadrática (es decir, calculan a partir de la muestra lo que en el modelo teórico representa  $\varepsilon$ , el componente de variación de  $Y$  no explicado).

Las estimaciones pueden efectuarse en “niveles” de las variables (por ejemplo, el volumen de producción está explicado en sus unidades de medida, por caso, m<sup>3</sup> de agua) o bien en logaritmos (el logaritmo de los m<sup>3</sup> de agua). La estimación en niveles tiene una lectura más directa, pero en logaritmos los coeficientes estimados son elasticidades.

### III Estimación de una frontera econométrica

Esta sección sigue a Romero (2005). Una medida de eficiencia es, a grandes rasgos, la distancia entre cada práctica observada y la mejor práctica registrada en la frontera eficiente de la actividad: aquellas empresas que se encuentren más alejadas de la frontera serán consideradas más ineficientes.

Las medidas de eficiencia pueden expresarse como números que adopten valores entre 0 y 1, donde una medida de 1 denotará que la firma es 100% eficiente.

La frontera es desconocida y el regulador debe estimarla. Las opciones básicas son:

1. *Una función teórica basada en conocimientos ingenieriles de los procesos (método de la “empresa modelo”, es decir un benchmark teórico).*
2. *Una función empírica construida a partir de los datos observados (competencia por comparación de mejores prácticas).*

Luego debe resolverse cuál es el concepto de eficiencia relevante que se intentará medir:

1. *Productiva (o total, es decir, la habilidad de producir un producto dado a un costo mínimo),*
2. *Técnica (utilizar sus insumos de la manera más eficiente),*
3. *Asignativa (escoger la correcta combinación de insumos, dado el precio relativo de los mismos).*

El tipo de relación que se estimará puede ser:

1. *Una función de costos (permite estimaciones de la eficiencia productiva o total, puede ser descompuesta en técnica y asignativa),*
2. *Una función de producción (habilita a hallar medidas de eficiencia técnica).*

Cada formulación de fronteras tiene ventajas y desventajas, resumidas en la Tabla adjunta.

Desde un punto de vista empírico, es importante considerar las particularidades del sector a la hora de tomar una decisión. Por ejemplo, en muchos servicios públicos regulados hay obligación de servicio. Dado que la producción está condicionada por dicho mandato regulatorio, la empresa maximiza beneficios operando sobre los costos antes que sobre los ingresos (ventas y tarifas están determinadas en forma exógena). En este caso, la especificación de función de producción no es conveniente. Por su parte, estimar fronteras de costos exige conocer datos de precios de insumos que no siempre están disponibles.

Función de producción	Función de Costos
Cantidades producidas como función de los insumos utilizados	Costo total como función del nivel del producto y el precio de los insumos
Información sobre la eficiencia técnica (noción física)	Eficiencia productiva o total (noción económica)
No supone nada sobre el comportamiento de las empresas.	Supone que los productores maximizan beneficios o minimizan costos
	Dificultades para obtener información sobre precios de los insumos
Requiere variables medidas en unidades físicas, más homogéneas entre países	Dificultad para realizar comparaciones internacionales por el uso de variables monetarias

Su póngase que hasta ahora la elección es por estimar una frontera de mejores práctica. Resulta necesario definir:

1. *La técnica a utilizar (paramétrica o no paramétrica),*
2. *La distribución del término de error, es decir, si la distancia a la frontera será atribuida enteramente a ineficiencias, o una parte será considerada como debida a factores aleatorios.*

En torno a las metodologías, la frontera se asume paramétrica o no paramétrica. Los métodos paramétricos imponen una forma funcional a priori sobre la frontera, mientras que los no paramétricos no lo hacen. A su vez, los métodos paramétricos estiman tanto las funciones de costos como las de producción por medio de herramientas econométricas. El método no paramétrico más utilizado es el DEA, que en técnicas de programación lineal<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Bajo esta metodología, las firmas son consideradas eficientes si no existe otra firma (o combinación lineal de firmas) que produzca más de algún producto (dados los insumos) o utilice menos de algún insumo (dados los productos). El DEA busca determinar cuáles firmas son las que forman una superficie envolvente o frontera eficiente. Las firmas que están sobre la frontera son consideradas eficientes, mientras que las firmas que están por debajo de la frontera son consideradas ineficientes, y su medida de ineficiencia viene dada por la distancia existente entre la empresa y la frontera.

Existen básicamente dos tipos de superficie envolvente, la de rendimientos constantes a escala y la de rendimientos variables a escala. Sus nombres indican que detrás de cada superficie existe un supuesto acerca de los rendimientos, y de este modo la superficie construida será distinta según el supuesto adoptado.

Las medidas de eficiencia derivadas del DEA pueden ser muy sensibles al número de variables incluidas en el modelo. A medida que la relación entre variables (explicativas más explicadas) y tamaño de la muestra aumenta, la capacidad de DEA para discriminar entre las firmas disminuye significativamente, ya que se vuelve más probable

Los modelos paramétricos, si bien permiten el testeo de hipótesis, pueden llegar a estar denominando ineficiencia a lo que en realidad es una mala especificación del modelo.

Supóngase que se desea estimar:

$$I'') Y = F(K, L, A1)$$

Donde Y, K, L tienen el significado habitual y A1 es una variable ambiental apropiada.

Si se estima una función lineal, por la técnica más simple de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) se espera una relación que explique:

$$3) Y = b0 + b1 K + b2 L + b3 A1 + \varepsilon$$

Donde los  $b_i$  son los parámetros a estimar y  $\varepsilon$  es el componente de variación de Y no explicado por el modelo.

Una vez producida la estimación, se tendrán los siguientes resultados:

$$4) Y = \beta0 + \beta1 K + \beta2 L + \beta3 A1 + u$$

Donde los  $\beta_i$  son los estimadores de los  $b_i$  (o sea sus valores numéricos a partir de la muestra de valores que se usaron para calcular la regresión) y  $u$  son los residuos de la regresión mínimo cuadrática (es decir, computan a partir de la muestra lo que en el modelo teórico representa  $\varepsilon$ , el componente de variación de Y no explicado). Esos residuos son centrales. Supóngase que hay dos empresas, cuyo K, L y A1 utilizado es exactamente igual. A su vez, supóngase que difieren los valores de Y, en un caso están en la media y en otro están por debajo. Está diciendo lo anterior que el valor de  $u$  de la segunda empresa explica la diferencia de producción con respecto de la firma que logra la producción promedio. De allí al concepto de frontera y al de calcular la eficiencia a partir del valor de  $u$  hay un paso.

Las fronteras de eficiencia pueden ser estimadas con alguna variante de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS), como COLS (OLS corregidos) o MOLS (OLS modificados), o por Máxima Verosimilitud (ML) cuando se trata de datos de corte transversal, o bien por medio de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS) o Máxima Verosimilitud (ML) cuando son datos de panel.

OLS estima una función promedio cuya término constante es luego corregido para transformar la función estimada en una frontera. Por ende, la estimación de los parámetros tecnológicos le asigna la misma ponderación a todas las empresas, ya sean éstas eficientes o ineficientes.

---

que una determinada firma encuentre algún conjunto de ponderaciones de productos e insumos que la haga aparecer como eficiente. Esto es, muchas firmas pueden ser consideradas 100% eficientes no porque dominen a otras firmas, sino simplemente porque no hay otras firmas o combinaciones de firmas con las que puedan ser comparadas en tantas dimensiones.

Los modelos de DEA de eficiencia técnica pueden ser orientados (i) a la reducción proporcional de insumos –orientación a los insumos- o (ii) al aumento proporcional de los productos –orientación a los productos-, o también pueden ser no orientados (en cuyo caso la reducción de insumos y el aumento de productos son calculados en forma conjunta).

La principal ventaja del enfoque no paramétrico es que no se impone ninguna forma funcional a priori sobre los datos. Una desventaja es que utiliza para la estimación de la frontera sólo un subconjunto de los datos disponibles (aquellos que determinan la frontera), mientras que el resto de las observaciones es ignorado. Además, el DEA estima la frontera eficiente sin realizar ningún supuesto acerca de la forma de la distribución del término de error. Las estimaciones, por lo tanto, no poseen propiedades estadísticas y el testeo de hipótesis resulta imposible.

ML, por otro lado, incorpora información a priori sobre la asimetría del término de error  $u$  en una frontera, dando así mayor peso relativo en la determinación de los parámetros tecnológicos a las empresas eficientes<sup>6</sup>.

Un aspecto positivo del enfoque basado en OLS, es que el ranking de las empresas siempre será el mismo que el de los residuos de la estimación, sin importar el supuesto que se haga acerca de la distribución estadística del término de ineficiencia. Esto es, las empresas con costos bajos para un determinado conjunto de precios de insumos, cantidades de productos y otras variables ambientales (o las de producción alta para dados insumos y ambientales), serán siempre consideradas más eficientes.

La siguiente elección es determinar si la frontera va a ser considerada determinística o estocástica.

Si el enfoque elegido es determinístico, todas las empresas comparten la misma frontera de costos (o de producción), y las discrepancias entre el comportamiento de las firmas individuales y la frontera son atribuidas a ineficiencias, ignorándose la posibilidad que dichas diferencias se originen en aspectos fuera del control de las empresas.

Una característica adicional de los enfoques determinísticos es que los resultados son muy sensibles a la presencia de observaciones atípicas (“outliers”). Este problema no puede ser solucionado ampliando el tamaño de la muestra y lleva a un sesgo hacia abajo en la medición de la eficiencia<sup>7</sup>.

Las estimaciones de fronteras paramétricas determinísticas (donde la diferencia entre el comportamiento real y el que predice el modelo es considerada ineficiencia) presumen que todos los eventos externos que puedan llegar a afectar la función de costos son los mismos (y con la misma intensidad) para todas las empresas.

Las denominadas fronteras estocásticas están motivadas en la idea de que las desviaciones con respecto a la frontera pueden no estar enteramente bajo el control de la firma analizada. Este enfoque utiliza una mezcla de términos de error: de los residuos, parte es mero ruido estadístico, lo que resta es considerado ineficiencia. El regulador debe establecer qué parte de las diferencias observadas entre los costos operativos de las empresas se debe a ineficiencias y qué parte se debe a factores externos sobre los cuales las firmas no tienen control. Este problema se conoce con el nombre de problema de separabilidad y para resolverlo, se requiere hacer supuestos sobre las funciones de distribución estadísticas de ambos componentes.<sup>8</sup>

### **III-1 El modelo a estimar**

La frontera a estimar posee dos partes: el “corazón” del modelo y las variables ambientales. El corazón está formado por los insumos (por ejemplo  $K$  y  $L$ ), en una función de producción ( $Y$ ), o los productos ( $Y$ ) y el precio de los factores ( $PK$  y  $W$ ), en una función de costos  $C$ . El rol de las

---

<sup>6</sup> La ganancia de eficiencia obtenida utilizando ML en lugar de OLS es función del grado de asimetría (“skewness”) de la distribución del término de error, lo cual es un problema estrictamente empírico.

<sup>7</sup> En el caso de DEA este sesgo hacia abajo puede ser mayor o menor que el sesgo hacia arriba generado cada vez que se incluye una nueva variable en el modelo.

<sup>8</sup> El primero de los componentes, ruido estadístico, en general se supone que se distribuye como una normal con media cero y varianza constante, mientras que para el caso del término de ineficiencia existen básicamente cuatro distribuciones de probabilidad alternativas: media normal, normal truncada, exponencial y distribución gamma.

variables ambientales es capturar factores externos que pueden afectar el desempeño de las empresas y que no son controlados directamente por ellas. Algunos ejemplos de variables ambientales incluyen diferencias en las características geográficas, y características de la demanda, entre otras.

La especificación inicial para el corazón está sujeta a consideraciones teóricas, y de esta manera se acepta o rechaza como un todo, implicando que algunas variables no significativas quizás permanezcan en el modelo final.

Las variables ambientales, por otro lado, están sujetas a consideraciones diferentes. Dado que ellas no están sujetas a aspectos meramente teóricos, sino a conocimiento empírico sobre el sector, se incluirán o no en el modelo final siempre y cuando sean significativas. El procedimiento a seguir es comenzar por un modelo general (sobreparametrizado) y, mediante la técnica de eliminación sucesiva de las variables no significativas (“stepwise” o Método de Hendry), llegar a un modelo particular. Únicamente aquellas variables ambientales que son significativas en su impacto sobre los costos serán incluidas en el modelo final. Las variables no significativas no ayudan a explicar la variabilidad en los costos y, por ende, no serán tenidas en cuenta por el regulador. Sin embargo, esto no implica que todas las variables significativas deben incluirse en el modelo final: sólo las variables significativas y con alguna justificación desde el punto de vista teórico deberán permanecer. Si esto no es así, existe la posibilidad de que alguna firma ineficiente intente justificar la inclusión de una variable significativa que la haga aparecer como eficiente.

Métodos paramétricos	Métodos no paramétricos
Imponen una forma funcional sobre la frontera.	No se impone ninguna forma funcional a priori.
Utilizan herramientas econométricas	El DEA se basa en técnicas de programación lineal.
Las fronteras pueden ser estimadas por alguna variante de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) o por máxima verosimilitud (ML).	Los modelos DEA de eficiencia técnica, pueden ser orientados (1) a la reducción proporcional de insumos (2) al aumento proporcional de los productos (3) pueden ser no orientados (en cuyo caso la reducción de insumos y el aumento de productos son calculados en forma conjunta). DEA estima la frontera eficiente sin realizar ningún supuesto acerca de la forma de distribución del término de error.
Permiten el test de hipótesis.	Las estimaciones no poseen propiedades estadísticas y el test de hipótesis resulta imposible.
Pueden llegar a dominar ineficiencia a una mala especificación del modelo.	Una desventaja es que utiliza para la estimación de la frontera sólo un subconjunto de datos disponibles, mientras que el resto de las observaciones es ignorado.

Supóngase que se desea estimar el modelo de producción:

$$5) Y = F(X)$$

Donde X es un vector de variables del “corazón” del modelo y ambientales. En ausencia de ineficiencia y shocks aleatorios, cada firma tendría el valor de Y que predice el modelo, dados sus números de X.

Si se tiene en cuenta que hay firmas ineficientes, cada una puede producir menos que el nivel eficiente o puede tener costos superiores que el nivel eficiente.

$$6) Y = F(X) TE_i$$



donde  $TE_i$  es el nivel de eficiencia técnica de la firma, comprendido en el intervalo (0,1]. Si  $TE_i = 1$  entonces la firma está produciendo el máximo posible dada la tecnología existente. Si  $TE_i < 1$ , entonces la firma posee un grado de ineficiencia que hace que no pueda obtener todo el producto factible dados los insumos que utiliza.

$$6') Y/F(X) = TE_i$$

Esta medida no es más que el cociente entre el producto observado  $Y$  y el máximo valor de producto factible  $F(X)$ . Si la firma alcanza el máximo  $Y = F(X)$ , la medida de eficiencia será igual a 1, mientras que  $TE_i < 1$  brinda una medida de la magnitud por debajo del máximo que actualmente la firma está produciendo.

Incorporando la posibilidad de que la producción esté sujeta a shocks aleatorios:

$$7) Y = F(X) TE_i \exp(v_i)$$

Tomando logaritmos,

$$8) \ln(Y) = \alpha + \sum \beta_i \ln(x_i) + \ln(TE_i) + v_i$$

Y definiendo  $u_i = -\ln(TE_i)$ ,

$$9) \ln(Y) = \alpha + \sum \beta_i \ln(x_i) + \varepsilon_i$$

Donde  $\varepsilon_i = v_i - u_i$ , es la perturbación aleatoria compuesta, donde  $v_i$  representa los shocks aleatorios, no restringidos a tener ningún valor en especial, y  $u_i$  es el término de ineficiencia, mayor o igual a cero por definición.

Si  $Y$  fuera una función de costos, cambiarían las variables incluidas en  $X$  y el signo de  $u_i$ . Una forma general tanto para función de producción como de costos es:

$$10) \ln(Y) = \alpha + \sum \beta_i \ln(x_i) + v_i - s u_i$$

Donde  $s = 1$  para funciones de producción y  $s = -1$  para funciones de costos, y la medida de eficiencia se calcula haciendo:  $TE_i = \exp(-s u_i)$

En la práctica,  $u_i$  es inobservable aisladamente y debe ser inferida a partir del término compuesto ( $v_i - s u_i$ ). Para poder descomponer este término y establecer qué parte corresponde a ruido  $v_i$  y qué parte corresponde a ineficiencia, se requiere suponer alguna distribución para ambas componentes. Sobre  $v_i$  hay consenso en la literatura sobre suponerla independiente e idénticamente distribuida como una normal  $N(0, \sigma_v^2)$ . Para  $u_i$  hay varias propuestas, cada una llevando a diferentes metodologías de cálculo: Media-Normal, Normal Truncada, Gamma y Exponencial. La separación de  $v_i$  y  $u_i$  no es la misma si el modelo es de corte transversal o en panel.

Datos	Alternativas de estimación	Carácter del modelo	Distribución supuesta sobre el término de error (parte estocástica)
Modelos de Corte transversal	COLS	Determinístico	--
	MOLS	Estocástico	Ui: media normal, exponencial
	ML	Estocástico	Ui: normal truncada, gamma
Datos en panel	GLS o Efectos Aleatorios	Determinístico	--
	LSDV o Efectos Fijos	Determinístico	--
	ML	Estocástico	Ui: media normal

## III-2 Modelos de Corte Transversal

En lo que sigue se presentarán tres estimadores distintos para estimar modelos de corte transversal: COLS, MOLS y ML. Estas secciones siguen a Canay (2003), Canay et al (2004) y Coelli et al (2003).

### III-2-1 Estimador COLS (Corrected Ordinary Least Squares)

El método de estimación COLS es una variación del típico estimador OLS, que divide la estimación en dos pasos. En la primera parte se lleva adelante una estimación OLS de la función, la cual brinda estimaciones consistentes e insesgadas del vector beta, y consistentes pero sesgadas de la constante. En el segundo paso, la estimación OLS de la constante es “corregida” de forma tal de asegurar que la frontera se encuentre por encima de todas las observaciones (caso producción) o por debajo de las mismas (caso costos).

Es determinístico: supone que no existe término de ruido estadístico ( $v_i = 0$ ). De esta forma, la frontera en este caso queda especificada de la siguiente forma:

$$11) \ln(Y) = \alpha + \sum \beta_i \ln(x_i) - s u_i$$

En su versión más sencilla, el estimador COLS requiere de dos etapas:

1. *Estimar la ecuación  $\ln(Y)$  por OLS. Los residuos de la regresión OLS,  $u_{OLS}$ , deberán ser corregidos de forma tal que respeten el hecho de poseer un único signo. A su vez, la estimación de la constante OLS,  $a_{OLS}$ , también debe ser corregida.*
2. *Corregir los residuos de la siguiente forma:  $u_i = u_{OLS} - \min(s u_{OLS})$ , para cada observación. Corregir la constante haciendo  $\alpha = a_{OLS} + \max(s u_{OLS})$ .*

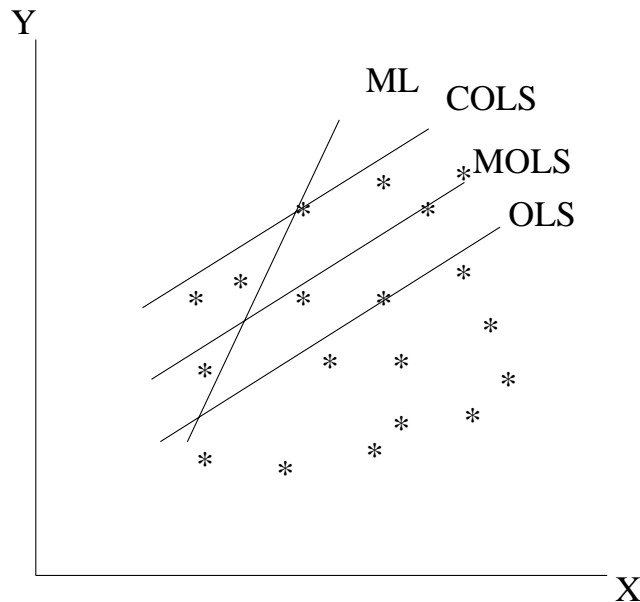
Una vez realizadas las dos etapas de estimación, se tienen estimaciones para  $u_i$ ,  $\alpha$  y  $\beta_i$ . Posteriormente, se utiliza la expresión de  $Y_i$  para obtener una estimación de la medida de eficiencia individual por empresa:  $TE_i = \exp(-s u_i)$ .

La frontera COLS tiene como ventaja que es muy sencilla de calcular, no obstante el costo aparejado es que la frontera estimada es paralela a la regresión OLS ya que sólo se corrige la constante (implicando que la tecnología frontera y promedio son idénticas). De otra manera, la estimación de la frontera por medio de la técnica COLS no representa necesariamente a todas las

firmas de la forma más próxima posible a la realidad, ya que está limitada a ser paralela a la regresión OLS.

El estimador COLS no es la única alternativa de estimación para una frontera en corte transversal. Máxima Verosimilitud (ML) y el estimador de OLS Modificado (MOLS), son dos variantes adicionales. El estimador COLS no requiere realizar ningún supuesto sobre la distribución del término de ineficiencia. ML y MOLS requieren efectuar algún supuesto sobre la distribución de  $u_i$ .

**Gráfico 1: Fronteras de producción (COLS, MOLS y ML) de  $Y = F(X)$  versus estimación OLS.**



### III-2-2 Fronteras Estocásticas

Las denominadas fronteras estocásticas surgieron motivadas en la idea de que las desviaciones con respecto a la frontera pueden no estar enteramente bajo el control de la firma analizada. Este enfoque utiliza una mezcla de términos de error de una y dos colas. Esto es, dada la mezcla de insumos, existe un máximo producto posible, pero este nivel máximo es aleatorio y no exacto. La idea es que los eventos externos que afectan la función de producción se distribuyen normalmente (pudiendo la empresa enfrentarse a condiciones externas favorables o desfavorables, con una determinada probabilidad), en lugar de ser constantes. Una vez considerada la posibilidad de ruido estadístico, lo que resta es considerado ineficiencia.

El nivel de eficiencia técnica (TE) de una firma va a venir dado por el cociente entre la producción observada y la frontera estocástica estimada. De esta forma:

$$TE_i = Y/F(X) = \exp(u_i)$$

La componente  $u_i$  es inobservable y debe ser inferida a partir del término compuesto  $\varepsilon = u_i + v_i$ . Para poder descomponer este término y establecer qué parte corresponde a ruido ( $v_i$ ) y qué parte corresponde a ineficiencia  $u_i$ , va a ser necesario suponer alguna distribución para ambas componentes. El caso menos problemático es el de  $v_i$ , ya que existe un consenso generalizado de que esta variable se asume independiente e idénticamente distribuida como una normal con media

cero y varianza  $\sigma_v^2$ . En tanto, son varias las distribuciones que han sido propuestas para el término de ineficiencia: Media-Normal, Normal Truncada, Gamma y Exponencial.

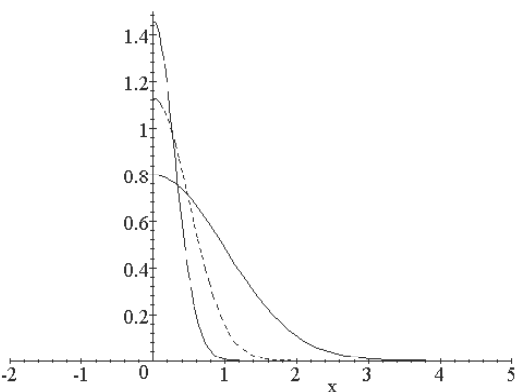
Distribución Media-Normal (supone que $v_i$ y $u_i$ son independientes)	
Función de densidad de $\varepsilon_i$	$f(u) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_u} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2}\right)$
Media	$E(\varepsilon_i) = E(u_i) = -\left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} \sigma_u$
Varianza	$V(\varepsilon_i) = \frac{\pi - 2}{\pi} \sigma_u^2 + \sigma_v^2$
Representación gráfica, para diferentes desviaciones estándares	

Figura dibujada para el caso en que la variable es no negativa (caso que se observaría en una función de costos).

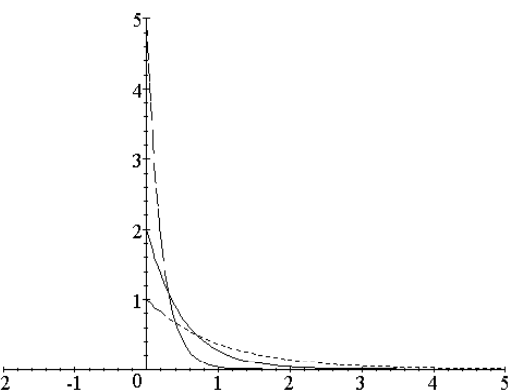
Distribución Exponencial (supone que $v_i$ y $u_i$ son independientes)	
Función de densidad de $\varepsilon_i$	$f(u) = \frac{1}{\sigma} e^{-\frac{1}{\sigma}u} I_{[0,\infty)}$
Media	$E(u) = \sigma$
Varianza	$V(u) = \sigma^2$
Representación gráfica, para diferentes desviaciones estándares	

Figura dibujada para el caso en que la variable es no negativa (caso que se observaría en una función de costos).

En los gráficos se advierte que para el caso de funciones de costos, la asimetría (skewness) de la distribución es positiva. En el caso de producción, las colas de los gráficos estarían para el otro lado (ya que las variables son no positivas). De esta forma, la asimetría (skewness) del término

compuesto debe ser negativa. Si la asimetría del término compuesto estimado en una función de producción/costos es positiva/negativa, puede interpretarse que los datos son inconsistentes con el modelo seleccionado. Este diagnóstico es independiente del supuesto que se haga sobre la distribución de la componente de ineficiencia.

Se estiman fronteras estocásticas por dos razones: una es que se requieren estimaciones consistentes de los parámetros tecnológicos y del parámetro de la función de distribución elegida, la otra es decomponer el error compuesto para obtener una estimación de eficiencia.

Para lo primero, se puede emplear ML (Maximum Likelihood) y realizar todas las estimaciones de una vez, o utilizar MOLS (Modified Ordinary Least Squares) y realizar los dos pasos que son necesarios para obtener una estimación consistente de la constante del modelo. Una vez hecho esto, la segunda parte consiste en descomponer el error compuesto para tener una estimación de la eficiencia técnica de cada empresa.

### III-2-3 Estimador MOLS (Modified Ordinary Least Squares)

Es estocástico, supone que parte de los residuos son ruido estadístico ( $v_i \neq 0$ ). El procedimiento llamado MOLS, requiere de dos pasos. El primer paso no depende del supuesto que se realice sobre la distribución de la ineficiencia y consiste básicamente en una estimación OLS de la función de producción. De esta forma se obtienen estimaciones consistentes e insesgadas de todos los parámetros, exceptuando la constante, la cual se encuentra sesgada.

Se puede describir la ecuación a estimar, sumándole y restándole en el miembro izquierdo el término  $E(u_i)$  y reagrupando convenientemente:

$$12) \ln(Y) = [\alpha - sE(u_i)] + \sum \beta_i \ln(x_i) + v_i - s[ui - E(ui)]$$

Donde  $v_i - s[ui - E(ui)]$  posee esperanza nula, por ello se puede aplicar OLS y obtener estimaciones consistentes del vector  $\beta$ .

En el segundo paso, se estima la constante y las varianzas de  $u$  y  $v$ . Aquí debe establecerse algún supuesto sobre la distribución de  $u_i$ . Si se supone que  $u_i$  sigue una distribución Media-Normal, implica que es posible utilizar los momentos de los residuos OLS para obtener estimaciones de las varianzas de  $u$  y de  $v$ . Una vez hecho esto, simplemente resta obtener una estimación de  $E(u_i)$  para así poder desplazar la constante y el error compuesto:  $\alpha$  corregido =  $\alpha$  OLS +  $s$  Estimador  $E(u_i)$ , y el  $\varepsilon$  corregido =  $\varepsilon$  OLS –  $s$  Estimador  $E(u_i)$

El siguiente paso consiste en obtener la medida de eficiencia para cada empresa. El problema aquí es extraer la información que  $\varepsilon_i$  posee sobre  $u_i$ . Una solución a este problema surge de la esperanza condicional de  $u_i$  dado  $\varepsilon_i$ .

La secuencia necesaria puede resumirse de la siguiente forma:

Estimar la ecuación  $\ln(Y) = [a - sE(u_i)] + \sum b_i \ln(x_i) + v_i - s[ui - E(ui)]$  por OLS, calcular los residuos y sus momentos de orden 2 y 3 ( $m_2$  y  $m_3$ ), es decir, la varianza y el coeficiente de asimetría (skewness).

- a Utilizar el momento de orden 3 para obtener una estimación del desvío estándar de  $u$ .
- b Utilizar  $m_3$  para obtener una estimación del desvío estándar de  $u$ .

- c Con una estimación de la varianza de  $u$ , se puede estimar la varianza de  $v$*
- d Luego se calcula la suma de las varianzas de  $u$  y de  $v$  y la  $E(ui)$*
- e Se realizan otras operaciones con estimadores*
- f Como último paso, utilizar todos los valores obtenidos en los pasos anteriores para tener estimaciones de  $ui$ , y finalmente llegar a la medida de eficiencia a través de  $TE_i = \exp(-s \text{ estimador de } ui)$ .*

Existen dos tipos de inconvenientes a la hora de aplicar MOLS. El primero de ellos surge cuando la asimetría (“skewness”) del residuo OLS posee el signo incorrecto, ya que esto generaría una estimación de desvío estándar de  $u$  negativa. Aquí es usual establecer varianza de  $u$  cero y considerar un modelo con puro ruido en donde todas las empresas son 100% eficientes.

El segundo inconveniente aparece cuando la varianza de los residuos OLS es menor que la varianza de  $ui$ , generando de esta forma una estimación de desvío estándar de  $v$  negativa. De nuevo, es usual establecer que la varianza de  $v$  es cero. Este resultado estaría indicando que el modelo es similar a uno determinístico, en donde toda la distancia hacia la frontera se la considera ineficiencia.

Para aplicar el estimador MOLS es necesario realizar un supuesto sobre la distribución del término de ineficiencia,  $ui$ . En el caso anterior, se supuso que la distribución era Media-Normal, aunque este no tiene por qué ser el caso.

Suponiendo una distribución exponencial, cambian los momentos y los valores de los coeficientes estimados. El procedimiento práctico es análogo al caso anterior, en cuanto a los pasos a seguir.

### **III-2-4 El Estimador Máximo Verosímil (ML, Maximum Likelihood)**

El método de estimación ML requiere de la maximización numérica de la función de verosimilitud y por esto es más demandante de herramientas computacionales que MOLS. Existen varios programas de computación con rutinas que facilitan el de por sí complicado cálculo.

Al estimar la frontera por ML, es necesario realizar los supuestos sobre ambas componentes aleatorias desde un primer momento. Una vez hecho esto, para poder armar la función de verosimilitud se necesita la función de densidad de  $\varepsilon_i = v_i - sui$ . Se suele suponer a  $ui$  distribuida Media-Normal.

Construida la función de verosimilitud y maximizada, se obtienen estimaciones consistentes de los parámetros. Las expresiones de la esperanza condicional de  $ui$  dado  $\varepsilon_i$ , siguen siendo las mismas que para el caso del estimador MOLS.

El programa FRONTIER puede ser utilizado para obtener estimaciones ML de todos los parámetros del modelo. Este programa utiliza un proceso de estimación en tres pasos:

El primer paso es calcular estimaciones OLS del vector de pendientes y de la varianza de  $ui + vi$ .

En el segundo paso, la función de verosimilitud es evaluada en distintos valores de  $\gamma$  entre cero y uno. Dicho parámetro surge de cociente entre la varianza de  $u$  y la suma de las varianzas de  $u_i$  y  $v_i$ .

El paso final utiliza la mejor estimación (la que maximiza el logaritmo de la verosimilitud) del segundo paso a través de un método iterativo.

El programa brinda estimaciones aproximadas de los errores estándar para cada uno de los parámetros. El FRONTIER se puede descargar de <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/frontier.htm>. Una vez realizado la primer parte de la estimación, ya sea por MOLS o por ML, el siguiente paso consiste en obtener la medida de eficiencia para cada empresa.

Una crítica común que existe a las fronteras de eficiencia estocásticas, en donde se permite la descomposición entre ruido e ineficiencia, es que no existe una justificación a priori para la selección de una distribución particular para la ineficiencia.

La distribución Media-Normal y la Exponencial son selecciones arbitrarias. Dado que ambas distribuciones poseen su moda en cero, esto implica que existe una probabilidad más alta de que el efecto de ineficiencia esté cerca de cero. Esto implica que el supuesto detrás de estas dos distribuciones es que la mayoría de las empresas son eficientes.

Algunos autores sugirieron que para mitigar el problema de falta de justificación debían elegirse formas funcionales más flexibles, como por ejemplo la Normal Truncada. Esta distribución permite formas mucho más flexibles, las cuales no necesariamente poseen su moda en cero, aunque poseen un costo dado por la mayor complejidad en los cálculos. No obstante, FRONTIER brinda la opción de estimar el modelo suponiendo una distribución de estas características. Vale la pena recordar que la distribución normal truncada se obtiene luego de partir en cero una distribución normal con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ . Si la media  $\mu$  se fija previamente en cero, entonces la distribución obtenida es simplemente la Media-Normal.

Desde el punto de vista de las firmas, podría decirse que estas distribuciones son “optimistas” en cuanto al comportamiento de aquellas. Esto se ha tomado como una desventaja ya que es de esperar que existan unas pocas firmas eficientes, y un grupo importante de firmas ineficientes. No obstante, desde el punto de vista práctico-regulatorio, esto podría contrarrestar la tendencia intrínseca de los métodos econométricos a brindar medidas de eficiencia relativamente bajas (respecto a los métodos basados en programación matemática).

Una forma de mitigar esta crítica es mediante la utilización de una forma funcional relativamente más flexible que no imponga un comportamiento tan restrictivo sobre las medidas de eficiencia. En particular, las opciones existentes son la Normal Truncada y la distribución Gamma. Estas dos distribuciones poseen la ventaja de ser flexibles y permitir un comportamiento diverso con modas no necesariamente iguales a cero. El costo asociado a estas opciones viene por el lado de que, al tener que estimar dos parámetros en lugar de uno, se vuelve más complicado. El problema es aún más complicado para la distribución Gamma, motivo por el cual la Normal Truncada ha sido la elegida entre las dos en las aplicaciones empíricas y en los paquetes estadísticos. Más allá de la flexibilidad de esta distribución, una ventaja adicional es que permite testear la posibilidad de que la distribución sea Media-Normal.

Distribución Normal Truncada	
Función de densidad de $\varepsilon_i$	$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_u \Phi(-\mu/\sigma_u)} \exp\left(-\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma_u^2}\right) I_{[0,\infty)}$
Media	$E(u) = \frac{\mu a}{2} + \frac{\sigma_u a}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\mu)^2}{2\sigma_u^2}\right)$
Varianza	$V(u) = \frac{\mu^2 a}{2} \left(1 - \frac{a}{2}\right) + \frac{a}{2} \left(\frac{\pi - a}{\pi}\right) \sigma_u^2$

### III-2-5 MOLS versus ML

¿Qué método de estimación es conveniente para estimar la frontera? ¿MOLS? ¿ML? En términos empíricos el método más utilizado es el de ML. No obstante, no existe consenso acerca de que ML brinde en todos los casos mejores estimaciones que MOLS.

Para entender las diferencias entre ambos tipos de estimadores hay que notar ciertos aspectos particulares de cada uno. La frontera estimada mediante MOLS es la recta promedio desplazada hacia arriba. Todas las empresas ponderan de la misma manera, y de esta forma se impone que la tecnología de la frontera sea la misma que la tecnología promedio. Por el contrario, el estimador ML utiliza la información a priori sobre la forma funcional de la ineficiencia, y de esta manera da una mayor ponderación en la determinación de los parámetros tecnológicos a las empresas más eficientes.

Otra diferencia está relacionada con el impacto del supuesto sobre el término de ineficiencia. El estimador MOLS introduce este supuesto en el segundo paso. De esta manera, la estimación de los parámetros tecnológicos no se ve afectada por un error en el supuesto de dicha distribución. Contrariamente, dado que el estimador ML utiliza esta información desde un primer momento, cualquier tipo de mala especificación sobre la distribución de  $u_i$  afectará simultáneamente a la estimación de los parámetros tecnológicos. El impacto del supuesto sobre la distribución de  $u_i$  es uno de los temas más delicados y discutidos en la literatura. En la práctica ha sido utilizada mayormente la distribución Media-Normal, aunque no existe un motivo teórico que justifique esta elección.

### III-3 Modelos de Datos en Paneles

En general, los estudios de fronteras estocásticas con datos de corte transversal están expuestos a tres serias dificultades:

1. *La estimación del término de ineficiencia, aunque insesgada, es inconsistente.*
2. *Tanto la estimación de la frontera como la descomposición de la distancia en ruido e ineficiencia requiere de algún supuesto sobre el término de ineficiencia.*
3. *Finalmente, es necesario suponer que la ineficiencia es independiente de los regresores, lo cual puede no ser un buen supuesto en determinados contextos: si una firma conoce su nivel de eficiencia, es probable que modifique su elección de insumos.*



Todos estos problemas son potencialmente solucionables con la utilización de datos en paneles.

La primer dificultad puede solucionarse debido a que la ineficiencia técnica de cada productor puede ser estimada consistentemente a medida que el número de observaciones de cada firma aumenta.

Por otro lado, varios métodos de estimación vía datos en paneles no necesitan realizar ningún supuesto arbitrario sobre la distribución de la ineficiencia dado que suponen que la misma es constante en el tiempo.

Finalmente, no todas las técnicas de estimación requieren el supuesto de independencia entre la ineficiencia técnica y las variables explicativas. Básicamente, los modelos con datos en paneles pueden ser estimados mediante la utilización de dos técnicas: el modelo de efectos aleatorios o Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS, Generalized Least Squares) y Least Square Dummy Variables LSDV, un modelo de efectos fijos. Tanto el estimador de efectos fijos como el de efectos aleatorios son determinísticos, en el sentido que toda la diferencia entre los efectos de cada firma se considera ineficiencia. No obstante, si se supone alguna distribución para la ineficiencia y se asume que existe independencia entre el término de ineficiencia y los regresores, es posible estimar una frontera de producción estocástica con datos en paneles mediante máxima verosimilitud.

### III-3-1 Los Estimadores GLS (Generalized Least Squares) y LSDV (Least Squares Dummy Variables)

Sea un número  $i$  de productores durante  $t$  períodos de tiempo. El equivalente de la ecuación de corte transversal con datos en panel, suponiendo que la ineficiencia es invariante en el tiempo es:

$$14) \ln Y_{it} = \alpha + \sum \beta_k x_k + v_{it} - u_i = \alpha_i + X\beta + v_{it}$$

donde  $u_i \geq 0$  y  $\alpha_i = \alpha - u_i$  (Least Square Dummy Variables LSDV, un modelo de efectos fijos)

$$15) \ln Y_{it} = [\alpha - s E(u_i)] + \sum \beta_k x_k + v_{it} - s [u_i - E(u_i)] = \alpha^* + \sum \beta_k x_k + v_{it} - s u_i^*$$

donde  $u_i \geq 0$  (Generalized Least Squares GLS, un modelo de efectos aleatorios)

Estos modelos son similares a los modelos convencionales de datos en paneles con efectos individuales sobre cada productor pero sin efectos temporales. La única diferencia es que aquí se requiere que el efecto sobre cada productor sea no positivo.

Si se utiliza un modelo de efectos fijos (LSDV), es necesario suponer que  $v_{it}$  es independiente e idénticamente distribuido (iid)  $(0, \sigma_v)$  y que no está correlacionado con los regresores, aunque no es necesario realizar ninguno de estos supuestos para  $u_i$ .

Si en su lugar se utiliza un modelo de efectos aleatorios (GLS) es necesario suponer que  $u_i$  es una variable aleatoria con media y varianza constante, y que no está correlacionada ni con los regresores ni con  $v_{it}$ . No es necesario realizar un supuesto sobre la distribución de  $u_i$ .

Una vez estimada la ecuación por LSDV o por GLS, se debe realizar la siguiente normalización para mantener un único signo:

$$ui \text{ estimado} = \alpha i \text{ estimado} - \min [s \alpha i \text{ estimado}] (LSDV)$$

$$ui \text{ estimado} = ui^* \text{ estimado} - \min [s ui^* \text{ estimado}] (GLS)$$

Ambos estimadores requieren que al menos una firma sea 100% eficiente, mientras que la eficiencia de las demás se calcula relativa a esta firma. Al igual que en los casos anteriores, la estimación de la eficiencia técnica se obtiene tomando el exponencial de  $-s ui$  estimado.

El modelo de efectos fijos no requiere el supuesto de independencia entre la ineficiencia y los regresores, al costo de no permitir la inclusión de regresores constantes en el tiempo. Si estos atributos invariantes de cada firma están presentes, serán capturados por el efecto fijo y de esta forma se estará confundiendo la ineficiencia con el efecto de estos atributos. En cambio, el modelo de efectos aleatorios permite la inclusión de regresores invariantes en el tiempo, pero al costo de suponer que la ineficiencia es independiente de los regresores.

Tanto el estimador de efectos fijos como el de efectos aleatorios son determinísticos, en el sentido que toda la diferencia entre los efectos de cada firma se considera ineficiencia. No obstante, si se supone alguna distribución para la ineficiencia y se asume que existe independencia entre el término de ineficiencia y los regresores, es posible estimar una frontera de producción estocástica con datos en panel mediante máxima verosimilitud.

### III-3-2 Estimador ML Para Datos en Paneles

El procedimiento para estimar fronteras de producción estocásticas con datos en paneles es similar al caso de corte transversal. En principio, se supone que  $vit$  se distribuye normal, mientras que  $uit$  se distribuye Media-Normal (ambos, independientes entre sí e independientes de los regresores). Al igual que en el caso de los modelos de corte transversal, alternativamente a la distribución Media-Normal la distribución Normal Truncada ha sido ampliamente utilizada y está disponible como opción en los paquetes estadísticos. Como en el caso de corte transversal, lo que se gana es flexibilidad en la forma de la distribución, contra los esquemas determinísticos, pero se pierde facilidad de cálculo.

### III-4 Condiciones de consistencia

Esta subsección se basa en Baer et al (1998). Las condiciones de consistencia exigen que los distintos métodos:

1. *Generen distribuciones de medidas de eficiencia similares,*
2. *Arrojen rankings de empresas parecidos,*
3. *Identifiquen a las mismas empresas como las “mejores” y las “peores”,*
4. *Produzcan medidas de eficiencia estables en el tiempo,*
5. *Sean indicadores razonablemente consistentes con otras medidas de desempeño (como los de productividad parcial),*
6. *Tengan congruencia con las condiciones bajo las que se desenvuelve la industria.*

Las tres primeras (medidas similares, rankings parecidos, mismos mejores y peores), llamadas de consistencia interna, muestran el grado en el cual los diferentes enfoques son mutuamente consistentes. De no serlo, las medidas de eficiencia individuales generadas por un único procedimiento serían poco confiables.

Las tres restantes, llamadas de consistencia externa (estabilidad temporal, otras medidas se asemejen, congruente con el desempeño de la industria), muestran el grado en el cual las medidas de eficiencia generadas por los distintos enfoques son consistentes con la realidad. También pueden ser útiles para elegir entre metodologías.

## Referencias

- Bauer, P., A. Berger, G. Ferrier, y D. Humphrey, 1998. "Consistency Conditions for Regulatory Analysis of Financial Institutions: A Comparison of Frontier Efficiency Methods". *Journal of Economics and Business* 50, pp. 85-114.
- Canay, Iván (2003). Apuntes sobre fronteras de eficiencia – Enfoque Econométrico. UADE, mimeo.
- Canay, Iván, Christian Ruzzier, Carlos Romero y Martín Rossi (2004). Aspectos metodológicos. UADE, mimeo.
- Coelli, T., Prasada Rao, D. and Battese, G. (1998): *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers.
- Coelli, T, Antonio Estache, Sergio Perelman y Lourdes Trujillo (2003). Una introducción a las medidas de eficiencia para reguladores de servicios públicos y de transporte. Banco Mundial-Ediciones Alfaomega.
- Kumbhakar, S. and Lovell, C. (2000): *Stochastic frontier analysis* (Cambridge University press).
- Romero, Carlos (2005). Informe Final. Benchmarking de empresas de agua y saneamiento de Latinoamérica sobre la base de datos de ADERASA. Septiembre de 2005.
- Romero, Carlos y Gustavo Ferro (2007). Informe Final. Benchmarking de empresas de agua y saneamiento de Latinoamérica sobre la base de datos de ADERASA. Años 2003-2004 y 2005. Versión revisada Febrero 2007.
- Rossi, M.A. y C.A. Ruzzier (2000), "On the Regulatory Application of Efficiency Measures", *Utilities Policy*, Vol. 9, pp. 81-92.

### **Textos de Discusión editados:**

- STD 1. *Laffont, Jean Jacques: Llevando los principios a la práctica en teoría de la regulación (marzo 1999)*
- STD 2. *Stiglitz, Joseph: The Financial System, Bussiness Cycle and Growth (marzo 1999)*
- STD 3. *Chisari, Omar y Antonio Estache: The Needs of the Poor in Infraestructure Privatization: The Role of Universal Service Obligations. The Case of Argentina (marzo 1999)*
- STD 4. *Estache, Antonio y Martín Rossi: Estimación de una frontera de costos estocástica para empresas del sector agua en Asia y Región del Pacífico (abril 1999)*
- STD 5. *Romero, Carlos : Regulaciones e inversiones en el sector eléctrico (junio 1999)*
- STD 6. *Mateos, Federico: Análisis de la evolución del precio en el Mercado Eléctrico Mayorista de la República Argentina entre 1992 y 1997 (julio 1999).*
- STD 7. *Ferro, Gustavo: Indicadores de eficiencia en agua y saneamiento a partir de costos medios e indicadores de productividad parcial (julio 1999)*
- STD 8. *Balzarotti, Nora: La política de competencia internacional (septiembre 1999)*
- STD 9. *Ferro, Gustavo: La experiencia de Inglaterra y Gales en micromedición de agua potable (septiembre 1999)*
- STD 10. *Balzarotti, Nora: Antitrust en el mercado de gas natural (octubre 1999)*
- STD 11. *Ferro, Gustavo: Evolución del cuadro tarifario de Aguas Argentinas: el financiamiento de las expansiones en Buenos Aires (octubre 1999)*
- STD 12. *Mateos, Federico, Martín Rodríguez Pardina y Martín Rossi: Oferta y demanda de electricidad en la Argentina: un modelo de ecuaciones simultáneas (noviembre 1999)*
- STD 13. *Ferro, Gustavo: Lecciones del Seminario Proyección de Demanda de Consumo de Agua Potable (noviembre 1999)*
- STD 14. *Rodríguez Pardina, Martín y Martín Rossi: Medidas de eficiencia y regulación: una ilustración del sector de distribuidoras de gas en la Argentina (diciembre 1999)*
- STD 15. *Rodríguez Pardina, Martín, Martín Rossi y Christian Ruzzier: Fronteras de eficiencia en el sector de distribución de energía eléctrica: la experiencia sudamericana (diciembre 1999)*
- STD 16. *Rodríguez Pardina, Martín y Martín Rossi: Cambio tecnológico y catching up: el sector de distribución de energía eléctrica en América del Sur (marzo 2000)*
- STD 17. *Ferro, Gustavo: El servicio de agua y saneamiento en Buenos Aires: privatización y regulación (abril 2000).*
- STD 18. *Celani, Marcelo: Reformas en la industria de las telecomunicaciones en Argentina (junio 2000).*
- STD 19. *Romero, Carlos: La desregulación de la comercialización de electricidad en Inglaterra y Gales (junio 2000).*
- STD 20. *Rossi, Martín: Midiendo el valor social de la calidad de los servicios públicos: el agua.*
- STD 21. *Rodríguez Pardina, Martín: La concesión de Aguas Argentinas. (Noviembre 2000).*
- STD 22. *Rossi, Martín e Iván Canay: Análisis de eficiencia aplicado a la regulación ¿Es importante la Distribución Elegida para el Término de Ineficiencia? (Noviembre 2000)*

- STD 23. *Ferro, Gustavo: Los instrumentos legales de la renegociación del contrato de Aguas Argentinas (1997-99) (Diciembre 2000).*
- STD 24. *Briggs, María Cristina y Diego Petrecolla: Problemas de competencia en la asignación de la capacidad de los aeropuertos. El Caso Argentino (Marzo 2001).*
- STD 25. *Ferro, Gustavo: Riesgo político y riesgo regulatorio: problemas en la concesión de sectores de infraestructura (Marzo 2001).*
- STD 26. *Ferro, Gustavo: Aguas del Aconquija: revisión de una experiencia fallida de privatización (abril 2001).*
- STD 27. *Ferro, Gustavo y Marcelo Celani: Servicio universal en telecomunicaciones: concepto y alcance en Argentina (Junio 2001).*
- STD 28. *Bondorevsky, Diego: Concentración horizontal en el sector de distribución eléctrica en Argentina. (Julio 2001).*
- STD 29. *Bondorevsky, Diego y Diego Petrecolla: Estructura del mercado de gas natural en Argentina e integración energética regional: Problemas de defensa de la competencia (Julio 2001).*
- STD 30. *Ferro, Gustavo: Participación del Sector Privado y Regulación en Agua y Saneamiento en Argentina: Casos Seleccionados.*
- STD 31. *Ferro, Gustavo: Desempeño reseñado de la concesión de agua y saneamiento metropolitana durante 1993-2001.*
- STD 32. *Bondorevsky Diego y Diego Petrecolla: Concesiones de agua y saneamiento en Argentina: Impacto en los sectores pobres (julio 2001).*
- STD 34. *Romero, Carlos: Servicio universal en el proceso de privatización de las empresas de telecomunicaciones y agua potable y alcantarillado en el Paraguay (septiembre 2001).*
- STD 35. *A: Bondorevsky, Diego y Romero Carlos: Fusiones y adquisiciones en el sector eléctrico: Experiencia internacional en el análisis de casos (diciembre 2001)*  
*B: Canay, Iván: Eficiencia y Productividad en Distribuidoras Eléctricas: Repaso de la metodología y aplicación (febrero 2002).*
- STD 36. *Ullberg, Susann: El Apagón en Buenos Aires 1999 Manejo de crisis en los sectores privados y Públicos en la Argentina (marzo 2002).*
- STD 37. *Celani Marcelo, Petrecolla Diego, Ruzzier, Christian: Desagregación de Redes en Telecomunicaciones: Una Visión desde la Política de Defensa de la Competencia (abril 2002).*
- STD 38. *Bondorevsky Diego, Petrecolla Diego, Romero Carlos, Ruzzier Christian: Competencia por Comparación en el Sector de Distribución Eléctrica: El Papel de la Política de Defensa de la Competencia (abril 2002).*
- STD 39. *Cardozo Javier y Devoto Alberto: La tarifa de distribución antes y después de la Reestructuración del Sector Eléctrico (mayo 2002).*
- STD 40. *Canay, Iván: Modelando el Gas entregado en Argentina: ¿Cuál es el mejor Predictor? (mayo 2002).*
- STD 41. *Ruzzier, Christian: Una introducción a la estimación no paramétrica de fronteras de eficiencia (julio 2002).*
- STD 42. *Rodríguez Pardina, Martín: Mecanismos de Governance del Mercado Eléctrico Argentino: Análisis crítico y comparación internacional (diciembre 2002).*

- STD 43. *Roitman Mauricio y Ferro Gustavo: La Concesión de Aguas Provinciales de Santa Fe (marzo 2003).*
- STD 44. *Rodríguez Pardina, Martín: La determinación del Costo de Capital en América Latina : Un estudio comparativo de casos (Mayo 2003)*
- STD 45. *Rodríguez Pardina, Martín: Las tarifas de Servicios Públicos en un Contexto de Crisis (Diciembre 2003)*
- STD 46. *Bondorevsky, Diego: Índices de “Mark Up” en el Mercado Eléctrico Mayorista de Argentina (Diciembre 2003)*
- STD 47. *Ferro Gustavo y Petrecolla Diego: Crisis y respuesta Tarifa Social en Agua y Saneamiento en Argentina (Diciembre 2003)*
- STD 48. *Ferro Gustavo y Petrecolla Diego: Subsidios cruzados en Agua y Cloacas: La concesión de Buenos Aires (Diciembre 2003)*
- STD 49. *Ferro Gustavo: Sector de Agua y Saneamiento, Tarifa Social en Argentina (Diciembre 2003)*
- STD 50. *Petrecolla Diego y Romero Carlos: Lecciones del Desempeño, crisis y reformas de segunda generación del sector eléctrico argentino (Diciembre 2003)*
- STD 51. *Petrecolla Diego y Romero Carlos: Abogacía de la competencia en Argentina. Concentración horizontal en un ambiente regulado. El caso de la distribución de electricidad en el Area Metropolitana de Buenos Aires (Diciembre 2003)*
- STD 52. *Loza Andrés, Paula Margaretic y Carlos Romero: Consistencia de medidas de eficiencia basadas en funciones de distancia paramétricas y no paramétricas. una aplicación al sector de distribuidoras de electricidad en la argentina*
- STD 53. *Arrué Dario y Ridelener Gabriela: Consideraciones sobre la determinación de la base de capital de empresas de Electricidad y su remuneración en condiciones de emergencia económica (Abril 2004)*
- STD 54. *Oriolo Miriam: La desregulación del Mercado de Energía y la nueva regulación. La política energética. El caso europeo (Abril 2004)*
- STD 55. *Greco Esteban y Leonardo Stanley: Ablución de activos, tarifas e incentivos: La base de capital en las empresas reguladas y la renegociación contractual. (Junio 2004)*
- STD 56. *Roitman Mauricio: Aplicación de técnicas de datos en panel a la medición de eficiencia relativa entre empresas de distribución eléctrica reguladas: Una guía para la práctica regulatoria (Agosto 2005)*
- STD 58. *Gustavo Ferro y Carlos Romero: Estimación de una función de costos para los fondos privados de pensión en Argentina (Mayo 2006)*
- STD 59. *Gustavo Ferro: Regulación de la Calidad del Producto y del Servicio (Octubre 2006)*
- STD 60. *Gustavo Ferro: Uso de fronteras de eficiencia econométricas con fines de benchmarking (Mayo 2007)*